

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-258749

(43)Date of publication of application : 03.10.1997

(51)Int.Cl. G10K 15/00
G01H 17/00
G10K 15/12

(21)Application number : 08-064926

(71)Applicant : NIPPON HOSO KYOKAI <NHK>

(22)Date of filing : 21.03.1996

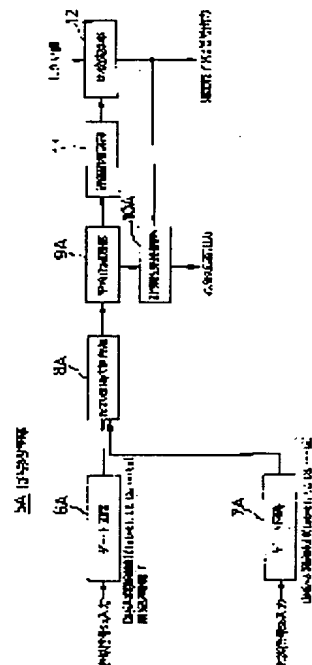
(72)Inventor : OKUBO HIROYUKI
NISHI TAKASHI

(54) IMPULSE RESPONSE MEASURING DEVICE IN SOUND FIELD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain an impulse response with a sufficient S/N in a short time by outputting an averaged impulse response as a true impulse response in the case of the evaluation value being less than the threshold value.

SOLUTION: A sound source signal Sa and a response signal Sb are respectively supplied to gate circuits 6A, 7A of a signal processing part 5A. A cross spectrometric processing part 8A computes impulse responses to the signals taken in from the gate circuits 6A, 7A. An averaging part 9A averages the computed impulse responses and supplies it to a computed result storage part 10A. An evaluation value computing part 11 computes the evaluation value (DR value) of difference norm of the impulse responses. A relative computing part 12 outputs a setting termination trigger signal in the case of the computed DR value being smaller than the preset threshold value. Upon the input of this trigger signal, the computed result storage part 10A outputs the latest impulse response average value, stored at this time, as a true impulse response.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-258749

(43) 公開日 平成9年(1997)10月3日

(51) IntCl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 0 K 15/00			G 1 0 K 15/00	L
G 0 1 H 17/00			G 0 1 H 17/00	C
G 1 0 K 15/12			G 1 0 K 15/00	B

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 11 頁)

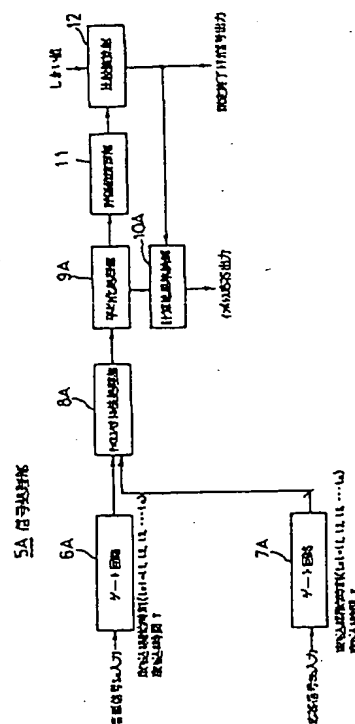
(21) 出願番号	特願平8-64926	(71) 出願人	000004352 日本放送協会 東京都渋谷区神南2丁目2番1号
(22) 出願日	平成8年(1996)3月21日	(72) 発明者	大久保 洋幸 東京都世田谷区砧一丁目10番11号 日本放送協会放送技術研究所内
		(72) 発明者	西 隆司 東京都世田谷区砧一丁目10番11号 日本放送協会放送技術研究所内
		(74) 代理人	弁理士 三好 秀和 (外8名)

(54) 【発明の名称】 音場におけるインパルス応答測定装置

(57) 【要約】

【課題】 高精度なインパルス応答を短時間で自動的に求める。

【解決手段】 音源信号 S a と、測定対象空間に放射された前記音源信号 S a を收音して得られる応答信号 S b とを入力し、入力された各信号を一定長の時間窓で切り出すゲート回路 6 A、7 A と、切り出された音源信号 S a および応答信号 S b からクロススペクトル法によりインパルス応答を逐次算出するクロススペクトル法処理部 8 A と、求めたインパルス応答の平均値を算出して逐次平均化を行う平均化処理部 9 A と、前記平均化操作を行う前後のインパルス応答の差のノルムに基づいて評価値を算出する評価値演算部 11 とを備え、求めた評価値が予め設定されたしきい値を下回った場合に、そのときの平均化されたインパルス応答を真のインパルス応答として出力する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 音源信号と、測定対象空間に放射された前記音源信号を收音して得られる応答信号とを入力し、入力された各信号を一定長の時間窓で切り出す手段と、切り出された音源信号および応答信号からクロススペクトル法によりインパルス応答を逐次算出する手段と、求めたインパルス応答の平均値を算出して逐次平均化を行う手段と、

前記平均化操作を行う前後のインパルス応答の差のノルムに基づいて評価値を算出する手段と、

求めた評価値が予め設定されたしきい値を下回った場合に、そのときの平均化されたインパルス応答を真のインパルス応答として出力する手段と、

を具備することを特徴とする音場におけるインパルス応答測定装置。

【請求項2】 音源となる楽音信号と、測定対象空間に、放射された前記楽音信号を收音して得られた応答信号とを入力し、入力された各信号を一定長の時間窓で順次切り出す手段と、

切り出された楽音信号及び応答信号のそれぞれを狭帯域の信号に分割する手段と、

分割された狭帯域信号毎のインパルス応答をクロススペクトル法により逐次算出する手段と、

前記分割された狭帯域の楽音信号及び応答信号を入力して狭帯域毎のコヒーレンス関数値を算出する手段と、

前記求められたコヒーレンス関数値が予め設定されたしきい値を上回った場合には、前記クロススペクトル法によるインパルス応答算出処理を実行させる制御信号を生成すると共に、求めたコヒーレンス関数値が予め設定されたしきい値を下回った場合には、前記クロススペクトル法によるインパルス応答算出処理をスキップさせる制御信号を生成して、次の時間窓におけるインパルス応答算出処理を実行させる手段と、

前記求められたインパルス応答の平均値を算出して逐次平均化を行う手段と、

前記平均化の回数が予め設定された回数に達したときの各狭帯域毎の平均化されたインパルス応答を合成して全帯域のインパルス応答を生成する手段と、

を具備することを特徴とする音場におけるインパルス応答測定装置。

【請求項3】 請求項2記載の音場におけるインパルス応答測定装置において、

前記求めたコヒーレンス関数値が予め設定されたしきい

$$S/N \text{ 比} = 10 \times \log \left(\frac{\text{真のインパルス応答のパワー積分値}}{\text{その他の雑音成分のパワー積分値}} \right) \text{ (dB)} \quad \dots (1)$$

【0009】従来のインパルス応答測定において、広帯域に渡って十分なS/N比を持つインパルス応答を得るには、予め必要と思われる時間以上の長時間の測定を行い、得られた応答波形に平均化処理を行った上で、インパルス応答のS/N比を目で確認する必要があった。

*い値を長時間に渡って下回る場合には、前記楽音信号を他の楽音信号に切り替える警告信号を生成する手段を具備することを特徴とする音場におけるインパルス応答測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、音場におけるインパルス応答を測定する装置に係わり、特に高精度にインパルス応答を自動測定することのできる装置に関する。

10 【0002】【発明の概要】本発明は、室内の音響伝達特性を表すインパルス応答をクロススペクトル法によって求める場合、測定されるインパルス応答のノイズ成分を考慮することにより高精度なインパルス応答を自動的に求める装置に関するものである。

【0003】従来のインパルス応答を求める自動測定法は広い測定周波数帯域に渡って必要十分な信号対雑音比（以下S/N比と称する）が取れているかの判断が難しく自動測定が困難であった。

20 【0004】本発明では、算出されるインパルス応答を平均化していく段階で前後のインパルス応答波形についての差のノルムを基に応答信号のノイズ成分を、監視する評価値として採用することにより高精度なインパルス応答を自動的に求めることを可能にする装置である。

30 【0005】また、他の発明では、測定音源として使用される楽音信号と、得られる応答信号とをいくつかの周波数帯域に分割し、帯域毎にコヒーレンス関数の値を基に十分なS/N比を持った応答かどうかを判断し、不十分なS/N比を持つ応答については平均化の操作を行わないことによって有効な平均化操作を行い、高精度なインパルス応答を自動的に短時間で求めることを可能にする装置である。

【0006】

【従来の技術】従来より、室内の音響伝達特性を測定する場合には、クロススペクトル法を用いたものが知られている（参考文献1：城戸健一著『デジタル信号処理入門』、P47-P49、丸善（1985））。

40 【0007】クロススペクトル法によってインパルス応答を求める場合、測定結果として得られる応答のうち真のインパルス応答を信号Sとし、その他の成分を雑音Nとしたとき、S/N比は次の式1のように表される。

【0008】

【数1】

【0010】しかし、実際の音響測定では、真のインパルス応答が不明であるために、S/N比の算出が不可能であり、このS/N比を用いた測定の自動化も困難であった。

50 【0011】ところで、インパルス応答を求めるための

測定用の信号源に広帯域の測定用信号を用いた場合は、精度良く室内の音響伝達特性が測定できる反面、ホールやスタジオ等の室内の音響伝達特性を知るには聴衆が入るなど、実際の運用状態における特性を知ることが最も重要となる。

【0012】運用状態の特性を知るために室内に聴衆がいる状態の特性が必要な場合、従来のインパルス応答の測定においては、特殊な測定信号を使用している。このため、聴衆が聞き苦しかったり、聴覚に悪い影響を与えてしまう等の心配があり、運用状態での測定は困難であった。

【0013】そこで、測定用の信号源として聴衆の聞き慣れた楽音を用いる方法が採用されている（参考文献2：西隆司、古川宣一 “楽音信号を用いた室のインパルス応答推定について” 日本音響学会講演論文集(1998/10)）。

【0014】しかし、楽音を測定音源として使用した場合に得られる応答信号の周波数成分は定常的に広帯域なものではなく、時々刻々に変化している。このため、 S/N 比が広帯域に渡って十分な応答を得るためには、やはり予め必要と思われる時間以上の長時間の測定を行わねばならない。また、得られた応答波形に多くの平均化処理を行った上で、インパルス応答の S/N 比を目視により確認しなければならなかった。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】このように、上述した従来のインパルス応答測定においては、真のインパルス応答が不明であることから、 S/N 比の算出が不可能であるという問題がある。一方、測定信号源として楽音を用いる従来例では、楽音信号の性質上、得られる応答信号の周波数特性は定常的でなく時々刻々に変化するため、広い測定周波数帯域に渡って必要十分な S/N 比が取れているかの判断が難しく精度の高いインパルス応答を得るのは困難であるという問題があった。

【0016】本発明は上記の事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、必要以上に時間をかけることなく、かつ聴衆に苦痛を与えることなく自動的に十分な S/N 比を持つインパルス応答を得ることを可能にし、高精度な音響伝達特性を得ることのできる音場におけるインパルス応答測定装置を提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために請求項1の発明は、音源信号と、測定対象空間に放射された前記音源信号を收音して得られる応答信号とを入力し、入力された各信号を一定長の時間窓で切り出す手段と、切り出された音源信号および応答信号からクロススペクトル法によりインパルス応答を逐次算出する手段と、求めたインパルス応答の平均値を算出して逐次平均化を行う手段と、前記平均化操作を行う前後のインパルス応答の差のノルムに基づいて評価値を算出する手

段と、求めた評価値が予め設定されたしきい値を下回った場合に、そのときの平均化されたインパルス応答を真のインパルス応答として出力する手段と、を具備することを特徴とするものである。

【0018】請求項1の発明では、逐次平均化処理を行う中で、平均化操作を行う前後のインパルス応答の差のノルムを基にした評価値を導入している。一般的に平均化が行われるに従いインパルス応答のノイズ成分が減少し、それと共に評価値は0%に漸近していく。評価値が十分小さくなった時点で測定を終了するという判断を行う。これにより、必要以上に時間をかけることなく、自動的に十分な S/N 比を持つインパルス応答を得ることが可能となる。

【0019】請求項2の発明は、音源となる楽音信号と、測定対象空間に放射された前記楽音信号を收音して得られた応答信号とを入力し、入力された各信号を一定長の時間窓で順次切り出す手段と、切り出された楽音信号及び応答信号のそれぞれを狭帯域の信号に分割する手段と、分割された狭帯域信号毎のインパルス応答をクロススペクトル法により逐次算出する手段と、前記分割された狭帯域の楽音信号及び応答信号を入力して狭帯域毎のコヒーレンス関数値を算出する手段と、前記求められたコヒーレンス関数値が予め設定されたしきい値を上回った場合には、前記クロススペクトル法によるインパルス応答算出処理を実行させる制御信号を生成すると共に、求めたコヒーレンス関数値が予め設定されたしきい値を下回った場合には、前記クロススペクトル法によるインパルス応答算出処理をスキップさせる制御信号を生成して、次の時間窓におけるインパルス応答算出処理を実行させる手段と、前記求められたインパルス応答の平均値を算出して逐次平均化を行う手段と、前記平均化の回数が予め設定された回数に達したときの各狭帯域毎の平均化されたインパルス応答を合成して全帯域のインパルス応答を生成する手段と、を具備することを特徴とするものである。

【0020】請求項2の発明では、音源となる楽音信号とその応答信号とから、ある窓長で波形を切り出した後、周波数軸上で狭帯域に分割し、帯域毎に音源信号と応答信号とのコヒーレンス関数値を求め、このコヒーレンス関数値に基づいて S/N 比の評価を行う。楽音信号は時間経過と共に周波数特性が変動しているために、切り出した時刻と帯域によって S/N 比が変動する。

【0021】 S/N 比とコヒーレンス関数とは1対1の対応関係にあるため、 S/N 比の変動に伴ってコヒーレンス関数も増減する。コヒーレンス関数の値が予め設定したしきい値よりも大きい場合には、 S/N 比が十分とれていると考えられるので、クロススペクトル法の処理を続行して平均化処理を行う。一方、コヒーレンス関数の値が前記しきい値よりも小さい場合には、 S/N 比が十分でないと考えられるので、その後の処理は行わない

10

20

30

40

50

という判断をする。従って、 S/N 比が小さい帯域の伝達特性は平均化操作に採用しないので、収束判定が容易になり、少ない平均回数で処理を終了することができ、測定時間の短縮化、測定精度の向上が可能となる。

【0022】請求項3の発明は、請求項2記載の音場におけるインパルス応答測定装置において、前記求めれたコヒーレンス関数値が予め設定されたしきい値を長時間に渡って下回る場合には、前記楽音信号を他の楽音信号に切り替える警告信号を生成する手段を具備することを特徴とするものである。

【0023】請求項3の発明では、楽音信号が全ての周波数成分を含んでおらず、ある帯域についてコヒーレンス関数値が長時間に渡ってしきい値を越えない場合には、警告を発して楽音切り替えを促すようにしているので、信号処理上は無駄の楽音を長時間に渡って放射し続けることが防止され、測定時間の短縮化、測定精度の向上が可能となる。

【0024】

【発明の実施の形態】

＜第1の実施の形態＞

＜第1の実施の形態の構成＞図1は本発明の第1の実施の形態を示すブロック図である。

【0025】同図に示すように、このインパルス応答測定装置は、信号源1Aの音源信号Saをアンプ2により増幅して室内3に放射する一方、この放射された音源信号Saを收音し応答信号SbとしてA/D変換器4によりデジタル信号に変換した後、信号処理部5Aに供給するように構成されている。

【0026】この場合、信号源1Aはテープ等で構成され、この信号源1Aの音源信号Saはアンプ2を介して室内3に設けられたスピーカ6から出力され、同じく室内3に設けられたマイクロホン7によって收音される。

室内3は、ホールやスタジオ、あるいは一般家庭等、測定対象となる種々の環境が考えられる。

【0027】この実施の形態における信号処理部5Aは、図2に示すように、2つのゲート回路6A、7Aと、クロススペクトル法処理部8Aと、平均化処理部9Aと、計算結果格納部10Aと、評価値演算部11と、比較演算部12とを備えている。

【0028】ゲート回路6Aには信号源1Aから出力された音源信号Saが供給され、また、ゲート回路7Aにはマイクロホン7で收音された応答信号Sbが供給されている。各ゲート回路6A、7Aにおける信号の取り込み開始時刻tstは、 $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$ に設定されており、その取り込み時間はTに設定されている。すなわち、このゲート回路6A、7Aでは、応答波形は設定された時間長単位で切り出される。

【0029】クロススペクトル法処理部8Aは、ゲート回路6A、7Aから取り込まれた信号に対してクロススペクトル法によりインパルス応答を算出する。

【0030】平均化処理部9Aは、クロススペクトル法処理部8Aで算出されたインパルス応答を平均化して計算結果格納部10Aに供給する。

【0031】計算結果格納部10Aは、平均化処理部9Aで算出されたインパルス応答の平均化値を格納するとともに、後述する比較演算部12から設定終了トリガ信号が出力された時、格納されているインパルス応答の平均化値を真のインパルス応答として出力する。

【0032】評価値演算部11は、平均化処理部9Aによってインパルス応答の平均化演算がされる度に、インパルス応答の差のノルムの評価値(DR値)を後述する第2式に基づいて算出する。

【0033】比較演算部12は、評価値演算部11で算出されたDR値を予め設定されたしきい値と比較し、DR値がしきい値より小さい場合には、設定終了トリガ信号を出力する。この場合、しきい値としては、“0”に近い値が設定される。

【0034】＜第1の実施の形態の作用＞次に本実施の形態の作用を図3のフローチャートを参照して説明する。

【0035】信号源1Aの音源信号Saはアンプ2で増幅された後、スピーカ6に供給されると共に、A/D変換器4に供給されてデジタル化される。スピーカ6から室内に放射された音源信号Saはマイクロホン7で收音され応答信号SbとなりA/D変換器4に供給されてデジタル化される。

【0036】前記デジタル化された音源信号Saは信号処理部5Aのゲート回路6Aに供給され、また、前記デジタル化された応答信号Sbは信号処理部5Aのゲート回路7Aに供給される。

【0037】ゲート回路6A、及び7Aでは入力された音源信号Sa、及び応答信号Sbに対して時刻 $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$ における一定区間(取り込み時間T)の波形が切り出される。クロススペクトル法処理部8Aでは最初の時刻 t_1 における(すなわち、1つめの)インパルス応答が算出される(ステップST1)。次いで、切り出された部分が時間Tだけシフトされ、時刻 t_2 におけるインパルス応答が算出される(ステップST2)。

【0038】平均化処理部では、時刻 t_1 と時刻 t_2 で得られたインパルス応答の平均が演算される。計算結果は計算結果格納部10Aに格納される(ステップST3)。

【0039】次いで、評価値演算部11では、平均化を実行する都度、次の式2に示すようなインパルス応答の差のノルムの評価値(DR値)が算出される(ステップST4)。

【0040】

【数2】

$$DR_k = \frac{\sum_{n=1}^N |E_k(n) - E_{k-1}(n)|^2}{\sum_{n=1}^N E_k(n)^2} \times 100(\%) \quad \dots (2)$$

ここで、 DR_k ：平均化を k 回行ったときのインパルス
 応答の差のノルム評価値

$E_k(n)$ ：平均化を k 回行ったときのインパルス応答波
 形を N 個のサンプルに分割したときの n サンプル目の値

【0041】比較演算部12では、算出された DR 値が
 設定値（しきい値）と比較して小さいか否かが判定され
 る（ステップST5）。平均化処理部9Aで実行される
 平均化が十分行われていない段階では、得られるインパ
 ルス応答にはノイズ成分が大量に含まれており、得られ
 る平均化前後の DR 値は大きな値となる。この場合、処
 理はステップST2に戻り、次の時刻 t_3 におけるイン
 パルス応答が算出され、次いで、 t_1 、 t_2 、 t_3 で求
 められたインパルス応答の平均が算出される。そして、
 平均化前後の DR 値が再び算出され、この DR 値が設定
 値より小さいか否かが判定される（ステップST2～S
 T5）。

【0042】このように、時刻 t_1 、 t_2 、 t_3 、 \dots 、
 t_n におけるインパルス応答が逐次算出され（ステップ
 ST2）、得られたインパルス応答が逐次平均化され
 （ステップST3）、その DR 値が算出される（ステッ
 プST4）。

【0043】インパルス応答の平均化が十分行われると
 差のノルムは0へ漸近する。これに伴って、 DR 値も0
 （%）に漸近していく。そして、 DR 値が設定値を下回
 ったときに比較演算部12は測定終了トリガ信号を出力
 する。計算結果格納部10Aは、この測定終了トリガ信
 号を入力すると、このとき格納されている最新のインパ
 ルス応答平均値を真のインパルス応答として出力する。

【0044】《第1の実施の形態の効果》このように、
 この実施の形態によれば、クロススペクトル法によって
 測定される室内の音響伝達特性を表すインパルス応答の
 S/N 比を大きくするために、必要以上に平均化回数を
 増やすことなく、ノイズ成分を DR 値を基にして定量的
 に評価できる。従って、平均化回数を減らすことができ
 るため、測定時間の短縮が可能となるばかりでなく、時
 間経過に伴って変化してしまう伝達特性に対して追従性
 の良い測定が可能となる。

【0045】＜第2の実施の形態＞

《第2の実施の形態の構成》図4は本発明の第2の実施
 の形態を示すブロック図である。

【0046】同図に示すように、このインパルス応答測
 定装置は、信号源1Bの音源信号 Sc をアンプ2により
 増幅して室内3に放射する一方、この放射された音源信
 号 Sc を收音し応答信号 Sb としてA/D変換器4によ
 りディジタル信号に変換した後、信号処理部5Bに供給

するように構成されている。

【0047】この場合、信号源1Bは楽音を収録したテ
 ープ等で構成される。また、この音源として使用する楽
 音は高い周波数成分まで含んでいる楽音が望ましい。例
 えば、大編成のオーケストラ、電気楽器による音楽、打
 楽器中心の音楽など、複数の楽音テープが用意されてい
 る。この信号源1Bの音源信号 Sc はアンプ2を介して
 室内3に設けられたスピーカ6から出力され、同じく室
 内3に設けられたマイクロホン7によって收音される。
 室内3は、ホールやスタジオ、あるいは一般家庭等、測定
 対象となる種々の環境が考えられる。

【0048】この実施の形態における信号処理部5B
 は、図5に示すように、その機能上、2つのゲート回路
 6B、7Bと、各ゲート回路6B、7B別に設けられた
 帯域分割フィルタ部13、14と、コヒーレンス関数値
 演算部15と、比較演算部16と、クロススペクトル法
 処理部8Bと、平均化処理部9Bと、計算結果格納部1
 0Bとを備えている。

【0049】ゲート回路6Bには、信号源1Bから出力
 された音源信号 Sc が供給され、また、ゲート回路7B
 にはマイクロホン7で收音された応答信号 Sd が供給さ
 れている。各ゲート回路6B、7Bにおける信号の取り
 込み開始時刻 t_{st} は、 t_1 、 t_2 、 t_3 、 \dots 、 t_n であ
 り、取り込み時間は T に設定されている。

【0050】帯域分割フィルタ部13は、供給された音
 源信号 Sc を $1/1$ オクターブ帯域に分割するフィルタを
 備えており、分割された各帯域毎の音源信号 Sc をコヒ
 ーレンス関数値演算部15に供給する。

【0051】帯域分割フィルタ部14は、供給された応
 答信号 Sd を $1/1$ オクターブ帯域に分割するフィルタを
 備えており、分割された各帯域毎の応答信号 Sd をコヒ
 ーレンス関数値演算部15に供給する。

【0052】コヒーレンス関数値演算部15は、各帯域
 毎の音源信号 Sc と応答信号 Sd とを入力し帯域毎のコ
 ヒーレンス関数値を算出する。

【0053】比較演算部16は、コヒーレンス関数値演
 算部15により求められたコヒーレンス関数値が予め設
 定されたしきい値を下回った場合に、クロススペクトル
 処理を行わないという制御信号と、音源切り替え警告信
 号を生成する。制御信号はクロススペクトル法処理部8
 Bに供給されている。

【0054】クロススペクトル法処理部8Bは、帯域分
 割フィルタ部13、14を介して帯域分割された各信号
 成分に対してクロススペクトル法によりインパルス応答
 を算出する処理を、比較演算部16から前記制御信号が

供給されるまで実行する。

【0055】平均化処理部9Bは、前述した時刻 t_1 、 t_2 、…、 t_n をシフトしながら、逐次インパルス応答を平均化する演算を実行する。

【0056】計算結果格納部10Bは、平均化処理部9Bで演算されたインパルス応答の平均化値を格納するとともに、後述する比較演算部12から設定終了トリガ信号が出力された時、格納されている各帯域インパルス応答の平均化値を合成し、広帯域のインパルス応答を算出する。

【0057】《第2の実施の形態の作用》次に本実施の形態の作用を図6のフローチャートを参照して説明する。なお、図6のフローチャートにおいては、原則として各算出処理や各判定処理は帯域別に並行して実行されているものとする。

【0058】第1の実施の形態で説明したと同様、信号1Bの音源信号(楽音信号)Scはアンプ2で増幅された後、スピーカ6に供給されると共に、A/D変換器4に供給されてデジタル化される。スピーカ6から室内に放射された音源信号Scはマイクロホン7で收音され、応答信号SdとなりA/D変換器4に供給されてデジタル化される。

【0059】前記デジタル化された音源信号Scは信号処理部5Bのゲート回路6Bに供給され、また、前記デジタル化された応答信号Sdは信号処理部5Bのゲート回路7Bに供給される。

【0060】ゲート回路6B、及び7Bでは入力された音源信号Sc、及び応答信号Sdに対して時刻 t_1 、 t_2 、 t_3 、…、 t_n における一定時間窓(取り込み時間T)の波形が切り出される。次いで、帯域分割フィルタ部13、及び14では、それぞれ切り出された波形が1/1オクターブ帯域に分割され、それぞれコヒーレンス関数演算部15に供給される(ステップST11)。

【0061】コヒーレンス関数演算部15では、帯域毎のコヒーレンス関数値が次の式3に基づいて算出される(ステップST12)。

【0062】

【数3】

$$\gamma_{xyik}^2 = \frac{|W_{xyik}|^2}{W_{yyik}W_{xxik}} \quad \dots (3)$$

ここで、 γ_{xy} ：コヒーレンス関数値

i：処理する波形の帯域を示す番号

k：処理する波形の切り出し時刻を示す番号

W_{xy} ：音源と応答信号のクロススペクトル

W_{xx} ：音源信号のパワースペクトル

W_{yy} ：応答信号のパワースペクトル

【0063】比較演算部16では、算出されたコヒーレンス関数値が予め設定されたしきい値と比較され、コヒーレンス関数値がしきい値よりも小さい場合には、その

後の処理をスキップさせる制御信号をクロススペクトル法処理部8Bに供給するとともに、時間窓をシフトさせ、次の時刻 t_2 における切り出された波形に対する前記一連の処理を実行する(ステップST15)。また、コヒーレンス関数値が設定値よりも小さい場合において、音源として用いられている楽音信号が全ての周波数成分を含んでおらず、ある帯域についてコヒーレンス関数値が長時間に渡ってしきい値を越えない場合には(ステップST14Yes)、楽音信号を別の楽音信号に切り替える警告信号を出力する。これにより、信号源1Bの音源信号は別の楽音信号に切り替わった後、ステップST11からの処理を開始する(ステップST16)。

【0064】コヒーレンス関数値がしきい値を越えた帯域のデータは有効なものとし、クロススペクトル法処理部では、クロススペクトル法によってインパルス応答が算出される(ステップST17)。

【0065】そして、平均化処理部9Bでは、時間窓をシフト(開始時間 t_3 、…、 t_n 、切り出し時間T)させつつ逐次求められたインパルス応答が平均化されて計算結果格納部10Bに格納される(ステップST18)。

【0066】平均化処理部9Bでは、平均回数が設定された回数よりも大きいかが判定され、設定された平均回数を終了すると(ステップST19YES)、測定終了トリガ信号が出力されて、平均化処理が終了する。計算結果格納部10Bは、測定終了トリガ信号が入力されると、各帯域のインパルス応答を合成し、全帯域のインパルス応答を算出して測定を終了する(ステップST20)。

【0067】《第2の実施の形態の効果》このようにこの実施の形態によれば、実際に室内で使用される状態での音響伝達特性を測定できることにより、聴衆がいる等の現実により近い状態の室内の音響伝達特性を精度良く知ることができる。ここで得られる知見を発展させるとこにより、人が居ない状態から人が居る状態を精度良く予測することが可能となり、設計段階で完成後の運用状態の音響伝達特性を予測することができ、音響設計の精度も向上する。

【0068】また、ホール等の特殊な施設でなく一般家庭においても音響機器等のこの実施の形態を適用して、楽音による測定を行うことにより、室のユーザー(聴取者)が意識することなく測定をすることができる。これにより、室内、音響機器伝達特性を知ることができれば、その特性を等化することも可能となり、仮に聴取環境が異なっても音質、定位を初めとする音声制作上の細かい効果を同一条件とすることができる。

【0069】＜変形例＞なお、上述した第2の実施の形態では、帯域分割フィルタ部13、14により、供給された音源信号Sc、応答信号Sdを狭帯域の信号に分割するようにしたが、コヒーレンス関数値演算部15にお

いて帯域別の関数値を算出するようにしても良い。このように構成することにより、帯域分割フィルタ部 1 3, 1 4 を省略でき、装置構成が簡素化される。

【0070】

【発明の効果】以上説明したように請求項 1 の発明によれば、必要以上に時間をかけることなく、自動的に十分な S/N 比を持つインパルス応答を得ることが可能となる。

【0071】請求項 2 の発明によれば、S/N 比が小さい帯域の伝達特性は平均化操作に採用しないので、収束判定が容易になり、少ない平均回数で処理を終了することができ、測定時間の短縮化、測定精度の向上が可能となる。

【0072】請求項 3 の発明によれば、楽音信号が全ての周波数成分を含んでおらず、ある帯域についてコヒーレンス関数値が長時間に渡ってしきい値を越えない場合には、警告を発して楽音切り替えを促すようにしているので、信号処理上は無駄の楽音を長時間に渡って放射し続けることが防止され、測定時間の短縮化、測定精度の向上が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態を示す構成図である。

【図 2】図 1 に示す第 1 の実施の形態における信号処理

部の構成を示すブロック図である。

【図 3】第 1 の実施の形態における処理手順を説明するフローチャートである。

【図 4】本発明の第 2 の実施の形態を示す構成図である。

【図 5】図 4 に示す第 2 の実施の形態における信号処理部の構成を示すブロック図である。

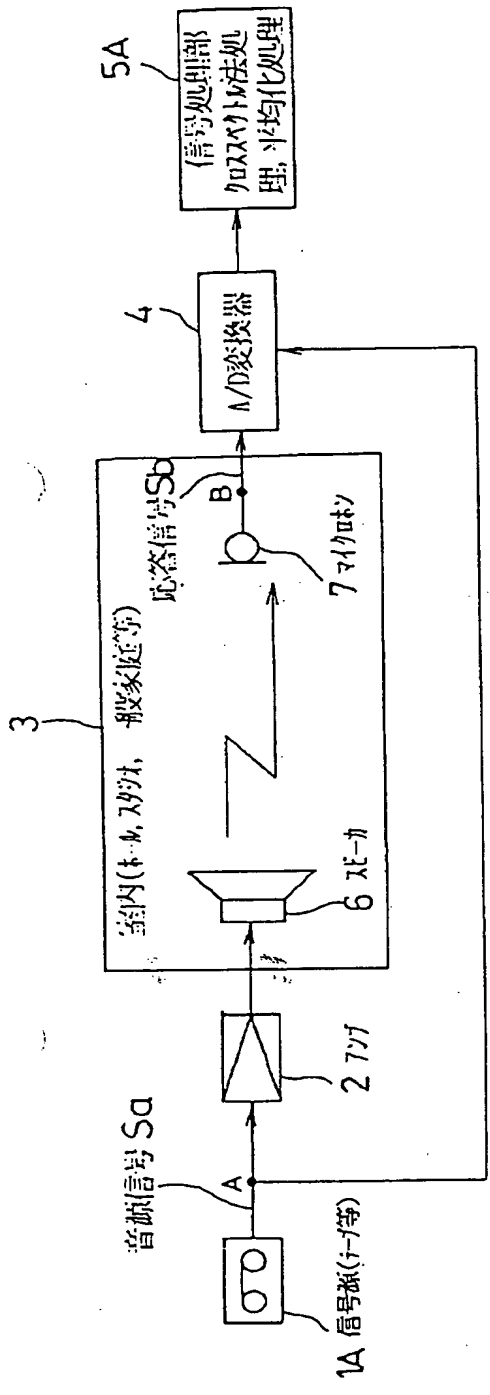
【図 6】第 2 の実施の形態における処理手順を説明するフローチャートである。

【符号の説明】

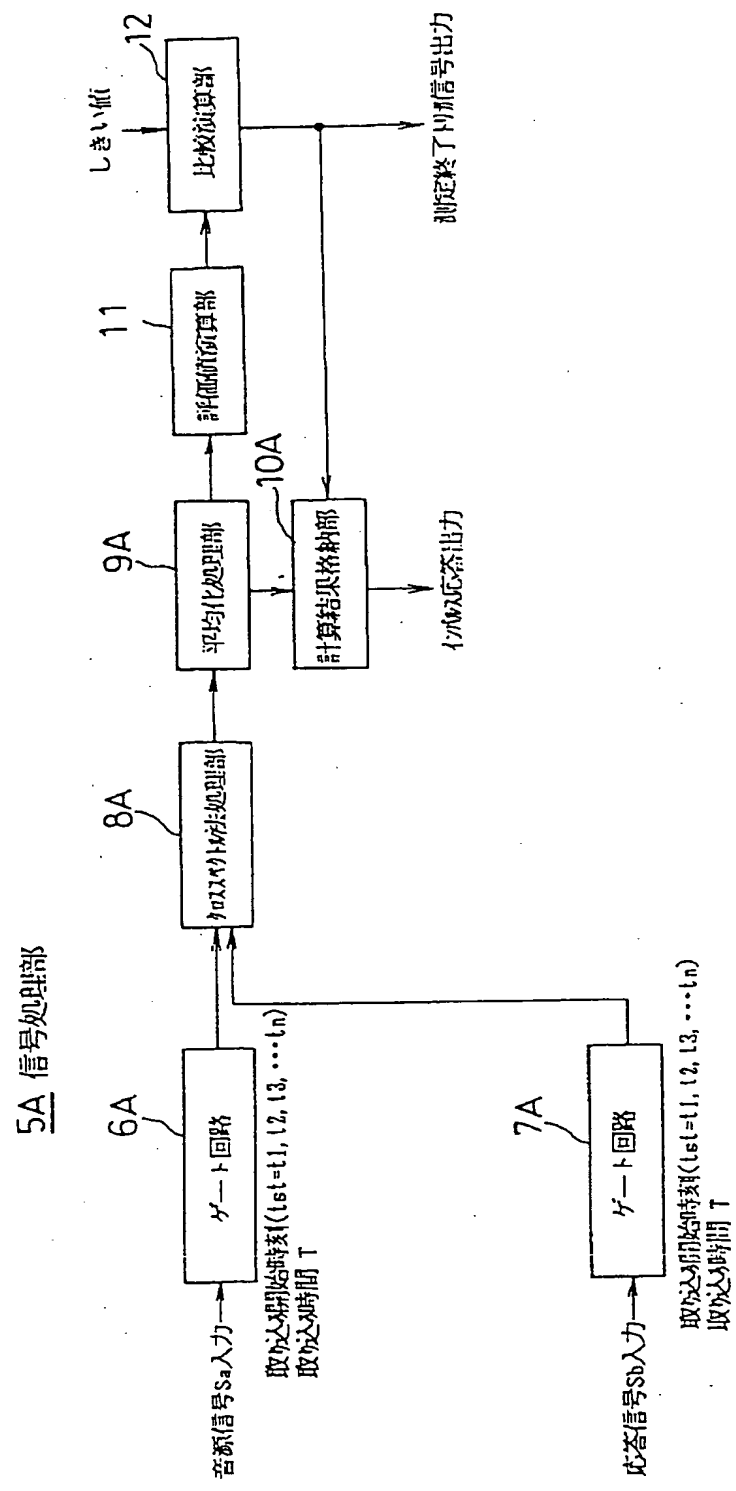
- 1 A, 1 B 信号源
- 2 アンプ
- 3 室内
- 4 A/D変換器
- 5 A, 5 B 信号処理部
- 6 A, 6 B, 7 A, 7 B ゲート回路
- 8 A, 8 B クロススペクトル法処理部
- 9 A, 9 B 平均化処理部
- 10 A, 10 B 計算結果格納部
- 11 評価値演算部
- 12, 16 比較演算部
- 13, 14 帯域分割フィルタ部
- 15 コヒーレンス関数値演算部

(8)

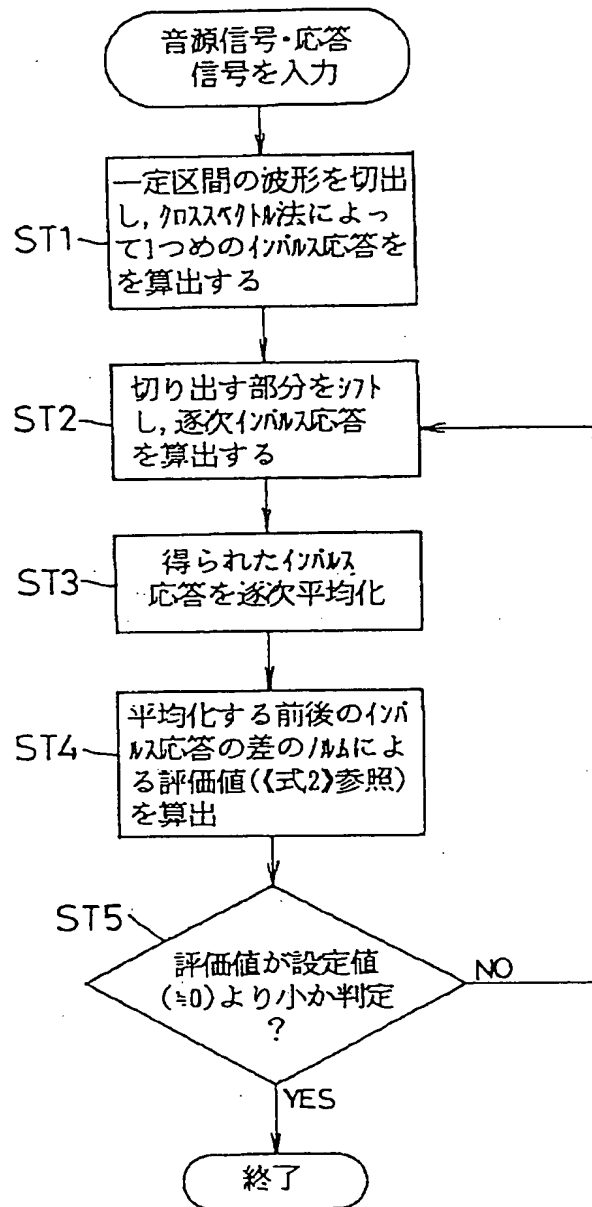
〔図1〕



〔図2〕



【図3】



【図6】

